

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number :

07-083949

(43)Date of publication of application : 31.03.1995

(51)Int.Cl.

G01P 15/00

B62D 6/00

// B62D101:00

B62D113:00

B62D137:00

(21)Application number : 05-230354

(71)Applicant : TOYOTA MOTOR CORP

(22)Date of filing : 16.09.1993

(72)Inventor : OHASHI HIDEKI

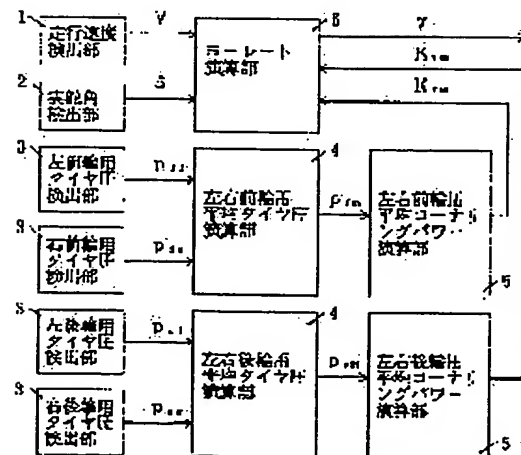
SATO SHINSUKE

## (54) APPARATUS FOR DETECTING YAW RATE OF VEHICLE

(57)Abstract:

PURPOSE: To increase the detection accuracy of an apparatus which estimates the cornering power of a tire and which detects the yaw rate of a vehicle on the basis of its estimated value as well as the running speed and the steering angle of the vehicle.

CONSTITUTION: Air pressures of tires at individual wheels are detected by tire-pressure detection parts 3, the average tire pressure of the right and the left front wheels and the average tire pressure of the right and left rear wheels are operated respectively by individual average-tire-pressure operation parts 4. According to the relationship between the tire pressures and cornering powers, the individual average cornering powers are operated by individual average-cornering-power operation



parts 5 according to the individual operated tire pressures. On the basis of the individual operated cornering powers, of a running speed detected by a running-speed detection part 1 and of an actual steering angle detected by an actual-steering-angle detection part 2, the plane-2 degree-of-freedom linear model of a vehicle is assumed. Thereby, the target yaw rate of the vehicle is operated by a yaw-rate operation part 6. Since the cornering powers are estimated by taking into consideration a change in the tire pressures and the target yaw rate is detected, the detection accuracy of the title detection apparatus is enhanced.

\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1]A device which detects a yaw rate of vehicles based on a cornering power of a travel speed of vehicles, a rudder angle, and a tire, comprising:

A travel-speed detection means to detect a travel speed of the vehicles.

A rudder angle detection means to detect a rudder angle of the vehicles.

A tire-pressure detection means to detect pneumatic pressure of a tire of the vehicles.

A yaw rate detection means which detects a yaw rate of said vehicles based on a cornering power which presumed and presumed a cornering power of said tire based on a detected tire pressure, said detected travel speed, and a rudder angle.

---

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-83949

(43) 公開日 平成7年(1995)3月31日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 1 P 15/00

A

B 6 2 D 6/00

9034-3D

// B 6 2 D 101:00

113:00

137:00

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号

特願平5-230354

(22) 出願日

平成5年(1993)9月16日

(71) 出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72) 発明者 大橋 秀樹

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72) 発明者 佐藤 伸介

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

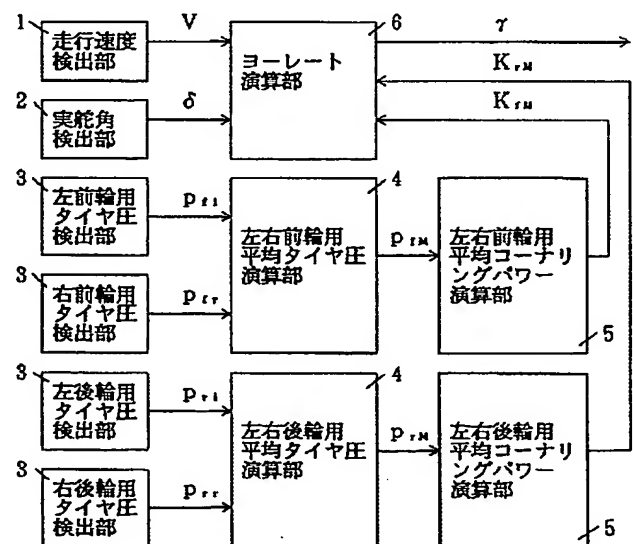
(74) 代理人 弁理士 神戸 典和 (外2名)

(54) 【発明の名称】 車両のヨーレート検出装置

(57) 【要約】

【目的】 タイヤのコーナリングパワーを推定してその推定値と車両の走行速度および舵角とに基づいて車両のヨーレートを検出する装置の検出精度を高める。

【構成】 各輪のタイヤの空気圧をタイヤ圧検出部3で検出し、左右前輪の平均タイヤ圧と左右後輪の平均タイヤ圧とをそれぞれ各平均タイヤ圧演算部4で演算する。タイヤ圧とコーナリングパワーとの間の関係に従い、演算された各平均タイヤ圧に応じて各平均コーナリングパワーを各平均コーナリングパワー演算部5で演算する。演算された各平均コーナリングパワーと走行速度検出部1で検出された走行速度および実舵角検出部2で検出された実舵角とに基づき、車両の平面2自由度線形モデルを想定することにより、車両の目標ヨーレートをヨーレート演算部6で演算する。タイヤ圧の変動を考慮してコーナリングパワーが推定されて目標ヨーレートが検出されるから、検出精度が向上する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 車両の走行速度、舵角およびタイヤのコーナリングパワーに基づいて車両のヨーレートを検出する装置であって、

その車両の走行速度を検出する走行速度検出手段と、

その車両の舵角を検出する舵角検出手段と、

その車両のタイヤの空気圧を検出するタイヤ空気圧検出手段と、

検出されたタイヤ空気圧に基づいて前記タイヤのコーナリングパワーを推定し、推定したコーナリングパワーと前記検出された走行速度および舵角とに基づいて前記車両のヨーレートを検出するヨーレート検出手段とを含むことを特徴とする車両のヨーレート検出装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、車両の走行速度、舵角およびタイヤのコーナリングパワーに基づいて車両のヨーレートを検出する装置に関するものであり、特に、その検出の精度の向上に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】特開平 2-70561 号公報には、車両の目標ヨーレートと実ヨーレートとをそれぞれ検出し、それら検出値相互の関係から車両の旋回特性を判定する技術が開示されている。この技術においては、目標ヨーレートは、タイヤのコーナリングパワーを推定してそれと走行速度および舵角とに基づいて検出され、一方、実ヨーレートは、車両の前端部における横方向速度と後端部における横方向速度との差に基づいて検出される。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかし、この従来の目標ヨーレート検出技術では、目標ヨーレートを正確に検出し得ないことがある。タイヤのコーナリングパワーは、常に一定ではなく、例えば図 10 にグラフで示すように、タイヤの空気圧に応じて変化する。しかし、この従来の目標ヨーレート検出技術は、標準的なタイヤ空気圧を想定し、その下に、コーナリングパワーを唯一の固定値として推定する。そのため、この従来の目標ヨーレート検出技術には、タイヤ空気圧の変動が生じると目標ヨーレートの検出精度が低下することを避け得ないという問題があったのである。

【0004】本発明は、以上の事情を背景として、車両の走行速度、舵角およびタイヤのコーナリングパワーに基づいて車両のヨーレートを検出する装置の精度を向上させることを課題としてなされたものである。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】この課題は、車両の走行速度、舵角およびタイヤのコーナリングパワーに基づいて車両のヨーレートを検出する装置を、図 1 に示すように、(a) 車両の走行速度を検出する走行速度検出手段 M1 と、(b) その車両の舵角を検出する舵角検出手段 M2

と、(c) その車両のタイヤの空気圧を検出するタイヤ空気圧検出手段 M3 と、(d) 検出されたタイヤ空気圧に基づいて前記タイヤのコーナリングパワーを推定し、推定したコーナリングパワーと前記検出された走行速度および舵角とに基づいて前記車両のヨーレートを検出するヨーレート検出手段 M4 とを含むものとすることにより解決される。

## 【0006】

【作用】このように構成したヨーレート検出装置においては、走行速度検出手段 M1 により車両の走行速度が検出され、舵角検出手段 M2 により車両の舵角が検出され、タイヤ空気圧検出手段 M3 によりタイヤの空気圧が検出される。さらに、ヨーレート検出手段 M4 により、タイヤ空気圧の検出値に基づいてタイヤのコーナリングパワーが推定され、その推定されたコーナリングパワーと上記検出された走行速度および舵角とに基づいてヨーレートが検出される。その結果、タイヤ空気圧の変動を考慮してヨーレートが検出されることとなる。

【0007】このヨーレート検出装置により検出されるヨーレートは、一般に、車両に対する外乱を想定せず、走行速度および舵角に理論上対応するヨーレートを意味するから、このヨーレート検出装置は、目標ヨーレートと実ヨーレートとの関係から車両の旋回特性を判定する技術において目標ヨーレート検出装置として使用することができる。ただし、例えば、実ヨーレートは常に実質的に目標ヨーレートと一致するとの前提を採用する場合には、本発明に係るヨーレート検出装置を実ヨーレート検出装置として使用することもできる。

【0008】本発明における舵角検出手段 M2 は、運転者により操作されるステアリングホイールの操作角である操舵角を検出するものとしたり、操舵車輪（操向車輪ともいう）の実際の舵角である実舵角を検出するものとすることができる。

【0009】本発明におけるタイヤ空気圧検出手段 M3 は、空気圧センサにより実際にタイヤ空気圧を検出するものでも、タイヤ空気圧と関連した量を検出してその結果から実際のタイヤ空気圧を推定するものでもよい。例えば、実開昭 59-72530 号公報に記載されているように、車輪回転速度の変動の共振周波数を FFT 等により演算し、その共振周波数の変動値によりタイヤ空気圧を推定したり、特開昭 62-14902 号公報に記載されているように、タイヤが路面上の突起を乗り越えるなどして、タイヤに対する外力が変化したときにおける車輪回転速度の変化率がタイヤ空気圧に対応して変化することを利用してタイヤ空気圧を推定したり、本出願人の特願平 5-198429 号明細書に記載されているように、車輪の角速度等を入力とする外乱オブザーバにより推定してもよい。タイヤ空気圧を外乱オブザーバにより推定する手法の一例を実施例において詳述する。

【0010】本発明におけるヨーレート検出手段 M4

は、左右前輪用と左右後輪用とで同じである。

【0017】走行速度検出部1は、車両の走行速度Vを逐次検出してヨーレート演算部6に供給する。実舵角検出部2は、左右前輪の実舵角 $\delta$ を逐次検出してヨーレート演算部6に供給する。

【0018】各タイヤ圧検出部3は、図3の機能ブロック図および図4の構成ブロック図で示すように構成されている。図4において10はロータ、12は電磁ピックアップである。ロータ10は図5に示す車輪14と共に回転するものであり、外周に多数の歯16を備えている。電磁ピックアップ12はそれらの歯16の通過に応じて周期的に変化する電圧を発生する。この電圧は波形整形器18によって矩形波に整形され、コンピュータ20のI/Oポート22に供給される。

【0019】車輪14は図5に示すように、ホイール24の外周にタイヤ26が取り付けられたタイヤ付ホイールであるが、図6に示すように、相対回転可能なりム側部28とベルト側部30とがねじりばね32によって連結されたものと考えることができる。上記ロータ10はホイール24と一体的に回転するように取り付けられるため、電磁ピックアップ12は厳密にはりム側部28の角速度を検出することになる。

【0020】前記コンピュータ20は図4に示すようにCPU40、ROM42およびRAM44を備えており、ROM42に図示しない角速度演算ルーチンが格納されることによって、上記ロータ10、電磁ピックアップ12および波形整形器18と共に図3の角速度検出部46を構成している。

【0021】このコンピュータ20は図4に示すように別のコンピュータ47と接続されている。このコンピュータ47もCPU48、ROM49、RAM50およびI/Oポート51を備えており、ROM49に後述の式等の演算を行うためのルーチンや図7のフローチャートで表される相関演算ルーチン等、種々の制御プログラムが格納されることによって、図3に示す外乱オブザーバ52、相関演算部56、正規化部58、タイヤ圧演算部60を構成している。そして、これら各部と前記角速度検出部46とによって図2のタイヤ圧検出部3が構成されている。

【００２２】コンピュータ２０は電磁ピックアップ１２および波形整形器１８から供給される信号に基づいて車輪１４のリム側部２８の回転速度を算出する。回転速度は、予め定められた一定のサンプリング時間内における波形整形器１８からの矩形波の立上がりの時間間隔の平均から演算される。

【0023】まず、予め定められたサンプリング時間内における矩形波の最初と最後の立上りの時期とサンプリング時間内における立上りの回数とが検出される。立上りが生じる毎に割込みルーチンにより、コンピュータ20に内蔵のタイマの示す時間が読み込まれると

【0016】本実施例の目標ヨーレート検出装置は、図2に示すように、走行速度検出部1と、実舵角検出部2と、各車輪について個々に設けられたタイヤ圧検出部3と、左右前輪と左右後輪とについて個々に設けられた平均タイヤ圧演算部4および平均コーナリングパワー演算部5と、ヨーレート演算部6とを備えている。以下、各部について順次説明する。なお、タイヤ圧検出部3については全車輪間で同じであり、また、平均タイヤ圧演算部4および平均コーナリングパワー演算部5について

5

もに、立上がりの数がカウントされるのである。続いて、サンプリング時間内における車輪14の平均回転速度が演算される。サンプリング時間内における全ての立上がり間の平均時間間隔が演算され、それからリム側部28の角速度 $\omega_R$ が演算され、RAM44の角速度メモリに格納されるのである。

【0024】外乱オブザーバ52は、車輪14の図6に示すモデルに基づいて構成されている。以下、この外乱オブザーバ52の構成について説明する。車輪14を、リム側部28の慣性モーメント $J_R$ とベルト側部30の慣性モーメント $J_B$ とがばね定数 $K$ のねじりばね32により接続されたものとモデル化すれば、次の状態方程式(1)～(3)が成立する。

$$J_R \omega_R' = -K(\theta_R - \theta_B) + T_i \dots (1)$$

$$J_B \omega_B' = K(\theta_R - \theta_B) - T_d \dots (2)$$

$$\theta_{RB} = \theta_R - \theta_B \dots (3)$$

【0025】ただし、

$$\begin{bmatrix} \omega_R' \\ \omega_B' \\ \theta_{RB}' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -K/J_R \\ 0 & 0 & K/J_B \\ 1 & -1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \omega_R \\ \omega_B \\ \theta_{RB} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1/J_R \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} T_i + \begin{bmatrix} 0 \\ -1/J_B \\ 0 \end{bmatrix} T_d \dots (4)$$

【0028】ここで、タイヤ26の空気圧が変化し、ねじりばね32のばね定数が $K$ から $K + \Delta K$ に変化したとき、車輪14の運動は次の(5)式で表される。

$$\begin{bmatrix} \omega_R' \\ \omega_B' \\ \theta_{RB}' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -K/J_R \\ 0 & 0 & K/J_B \\ 1 & -1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \omega_R \\ \omega_B \\ \theta_{RB} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1/J_R \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} T_i + \begin{bmatrix} 0 \\ -1/J_B \\ 0 \end{bmatrix} T_d + \begin{bmatrix} -\Delta K/J_R \\ \Delta K/J_B \\ 0 \end{bmatrix} \theta_{RB} \dots (5)$$

【0030】すなわち、ばね定数 $K$ が $\Delta K$ だけ変化することは正常なタイヤ26に(5)式の最終項で表される外乱トルクが加えられたのと等価である。この外乱トルクにはばね定数 $K$ の変化量 $\Delta K$ の情報が含まれており、かつ、タイヤ26の空気圧に応じて変化するので、この外乱トルクを推定することによってタイヤ26の空気圧の★40

$$[w] = \begin{bmatrix} 1/J_R \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} T_i + \begin{bmatrix} 0 \\ -1/J_B \\ 0 \end{bmatrix} T_d + \begin{bmatrix} -\Delta K/J_R \\ \Delta K/J_B \\ 0 \end{bmatrix} \theta_{RB} \dots (6)$$

【0032】しかし、理論上ベクトル $[w]$ の中の一つの要素しか推定できないため、第2要素である $w_2$ を推定

$$w_2 = (-1/J_B) T_d + (\Delta K/J_B) \theta_{RB} \dots (7)$$

で定義すれば、車輪14の状態方程式は次の(8)式のようになるため、この式に基づいて外乱オブザーバ52を

\*  $\omega_R$  : リム側部28の角速度

$\omega_R'$  : リム側部28の角加速度

$\omega_B$  : ベルト側部30の角速度

$\omega_B'$  : ベルト側部30の角加速度

$\theta_{RB}$  : リム側部28とベルト側部30とのねじり角 (リム側部回転角 $\theta_R$ とベルト側部回転角 $\theta_B$ との差)

$T_i$  : リム側部28に加えられる駆動・制動トルク

$T_d$  : 路面からのトルク (外乱トルクと回転負荷トルクとの和)

10 なお、実際にはリム側部28の慣性モーメント $J_R$ とベルト側部30の慣性モーメント $J_B$ との間にはダンパが存在するが、その影響は比較的小さいため無視できる。

【0026】上記状態方程式をベクトルおよび行列を用いて表せば次の(4)式となる。

【0027】

【数1】

※ 【0029】

【数2】

※

★変化量を推定することができる。この外乱トルクの推定に外乱オブザーバの手法を用いるのであり、推定すべき外乱トルクは次の(6)式で表される。

【0031】

【数3】

☆定することとする。外乱トルクを次の(7)式

【0033】

【数4】

$$\begin{bmatrix} \dot{\omega}_R \\ \dot{\omega}_B \\ \dot{\theta}_{RB} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -K/J_R \\ 0 & 0 & K/J_B \\ 1 & -1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \omega_R \\ \omega_B \\ \theta_{RB} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} w_2$$

・・・(8)

【0034】外乱オブザーバ52は外乱トルクをシステムの状態変数の一つとして推定するものである。そこで、上記(7)式の外乱トルク $w_2$ をシステムの状態に含めるために、外乱トルク $w_2$ のダイナミクスを次の(9)式で近似する。

$$\dot{w}_2 = 0 \cdots (9)$$

これは図8に示すように連続して変化する外乱トルクを\*

$$\begin{bmatrix} \dot{\omega}_R \\ \dot{\omega}_B \\ \dot{\theta}_{RB} \\ \dot{w}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -K/J_R & 0 \\ 0 & 0 & K/J_B & 0 \\ 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \omega_R \\ \omega_B \\ \theta_{RB} \\ w_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 1/J_R \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} T_1$$

・・・(10)

【0036】上記(10)式において $[\omega_B \quad \theta_{RB} \quad w_2]$ が検出できない状態となる。したがって、このシステムに基づいて外乱オブザーバ52を構成すれば、外乱トルク $w_2$ と検出できない状態変数 $\omega_B$ 、 $\theta_{RB}$ とを推定することができる。記述を簡単にするために、(10)式のベクトルおよび行列を分解して次のように表すこととする。

【0037】

【数6】

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} x_a \\ x_b \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} \omega_R \\ \omega_B \quad \theta_{RB} \quad w_2 \end{bmatrix}^T \\ \begin{bmatrix} A_{11} \\ A_{12} \\ A_{21} \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} 0 \\ 0 & -K/J_R & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}^T \\ \begin{bmatrix} A_{22} \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} 0 & K/J_R & 1 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

【0038】このとき、状態 $[z] = [\omega_R \quad \theta_{RB} \quad w_2]^T$ を推定する最小次元オブザーバの構成は次の(11)★式で表される。

★式で表される。

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} \dot{z}_p \\ \dot{x}_a \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} A_{21} \\ A_{11} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_a \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} A_{22} \\ A_{12} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z_p \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} B_2 \\ B_1 \end{bmatrix} [u] + [G] \{ \\ &= (\begin{bmatrix} A_{21} \\ A_{11} \end{bmatrix} - [G] \begin{bmatrix} A_{21} \\ A_{11} \end{bmatrix}) \begin{bmatrix} x_a \end{bmatrix} + (\begin{bmatrix} A_{22} \\ A_{12} \end{bmatrix} - [G] \begin{bmatrix} A_{22} \\ A_{12} \end{bmatrix}) \begin{bmatrix} z_p \end{bmatrix} \\ &+ [G] \begin{bmatrix} x_a \end{bmatrix} + (\begin{bmatrix} B_2 \\ B_1 \end{bmatrix} - [G] \begin{bmatrix} B_2 \\ B_1 \end{bmatrix}) [u] \cdots (11) \end{aligned}$$

ただし、

$[z_p]$  :  $[z]$  の推定値  
 $[\dot{z}_p]$  : 推定値  $[z_p]$  の変化率  
 $[G]$  : 外乱オブザーバ52の推定速度を決めるゲイン  
 $[u]$  : 駆動・制動トルク $T_1$

$$\begin{aligned} \star [B_1] &: 1/J_R \\ [B_2] &: [0 \quad 0 \quad 0]^T \end{aligned}$$

これをブロック線図で表わすと図9のようになる。

【0039】また、真値と推定値との誤差 $[e]$ を $[e] = [z] - [z_p]$ とおき、誤差 $[e]$ の変化率を $[e']$ とすると、次の(12)式の関係を得る。

$$[e'] = (\begin{bmatrix} A_{22} \\ A_{12} \end{bmatrix} - [G] \begin{bmatrix} A_{22} \\ A_{12} \end{bmatrix}) [e] \cdots (12)$$

これは外乱オブザーバ52の推定特性を表しており、行列 $(\begin{bmatrix} A_{22} \\ A_{12} \end{bmatrix} - [G] \begin{bmatrix} A_{22} \\ A_{12} \end{bmatrix})$ の固有値がすなわち外乱オブザーバ52の極となる。したがって、この固有値が $s$ 平面の左半面において原点から離れるほど外乱オブ

ザーバ52の推定速度が速くなる。オブザーバゲイン

$[G]$ は希望の推定速度になるように決定すればよい。

【0040】以上のように構成された外乱オブザーバ52においては、角速度検出部46において演算されたり

ム側部28の角速度 $\omega_1$ を入力として、ねじりばね32のばね定数Kが $\Delta K$ 変化した場合の前記(7)式で表される外乱トルク $w_2$ が推定され、外乱トルク推定値 $w_{2p}$ が取得されるが、それとともに検出が不可能であるベルト側部30の角速度 $\omega_1$ 、リム側部-ベルト側部間のねじり角 $\theta_{kp}$ も推定され、それぞれ推定値 $\omega_{kp}$ 、 $\theta_{kp}$ が取得される。

【0041】上記外乱トルクおよびねじり角の推定値 $w_{2p}$ 、 $\theta_{kp}$ を用いて相関演算部56において相関演算が行われ、正規化部58で正規化が行われて、ねじりばね32のばね定数Kの変化が求められる。

【0042】まず、相関演算部56において、図7のフローチャートで表される相関演算ルーチンが実行される。ステップS21（以下、単にS21で表す。他のステップについても同じ）の初期設定において、整数iが1にリセットされ、前記(7)式で表される外乱トルク $w_2$ の推定値 $w_{2p}$ とねじり角推定値 $\theta_{kp}$ との相互相関値 $C(w_{2p}, \theta_{kp})$ とねじり角推定値 $\theta_{kp}$ の自己相関値 $C(\theta_{kp}, \theta_{kp})$ とが0にリセットされる。相互相関値メモリおよび自己相関値メモリの内容が0にされるのである。

$$L_i = C(w_{2p}, \theta_{kp}) / C(\theta_{kp}, \theta_{kp}) \cdots (13)$$

により $L_i$ 値が求められ、RAM50の $L_i$ 値メモリに格納される。この $L_i$ 値は次の(14)式

$$L_i = (-1/J_1) C_0 + \Delta K/J_1 \cdots (14)$$

ただし、 $C_0$ は $C(T_{\phi}, \theta_{kp}) / C(\theta_{kp}, \theta_{kp})$ で表される値であり、ばね定数Kの変化とは無関係であるので、タイヤ圧pが正常の状態ですべて求めておくことによって補償できる。

【0046】タイヤ圧演算部60においては、以上のようにして取得され、 $L_i$ 値メモリに格納されている $L_i$ 値に基づいてねじりばね32のばね定数Kの変化量 $\Delta K$ が演算される。 $L_i$ 値は前述のように $(-1/J_1) \cdot C_0 + \Delta K/J_1$ に対応する値であるため、 $L_i$ 値とばね定数変化量 $\Delta K$ との間には一定の関係があり、さらにこのばね定数変化量 $\Delta K$ とタイヤ圧変化量 $\Delta p$ との間にも一定の関係があるため、結局、 $L_i$ 値とタイヤ圧変化量 $\Delta p$ との間に一定の関係がある。この関係が予めタイヤ圧変化量テーブルとしてROM49に格納されており、このテーブルに基づいて $L_i$ 値からタイヤ圧変化量 $\Delta p$ が求められるのである。このタイヤ圧変化量 $\Delta p$ は正規のタイヤ圧 $p_0$ からの変化量であるから、正規のタイヤ圧 $p_0$ からこのタイヤ圧変化量 $\Delta p$ を引いた値 $p = p_0 - \Delta p$ が現在のタイヤ圧pとして演算され、RAM50のタイヤ圧メモリに格納される。すなわち、各タイヤ圧検出部3においては、左前輪タイヤ圧 $p_{n1}$ 、右前輪タイヤ圧 $p_{r1}$ 、左後輪タイヤ圧 $p_{n2}$ および右後輪タイヤ圧 $p_{r2}$ が車輪に関連付けてタイヤ圧メモリに格納されるのである。

【0047】タイヤ圧検出部3において以上のようにし

\*【0043】続いて、S22で現時点の外乱推定値 $w_{2p1}$ およびねじり角推定値 $\theta_{kp1}$ が読み込まれ、S23で外乱推定値 $w_{2p1}$ とねじり角推定値 $\theta_{kp1}$ との積が演算され、相互相関値 $C(w_{2p}, \theta_{kp})$ に加算される。ただし、最初にS23が実行される際には相互相関値 $C(w_{2p}, \theta_{kp})$ が0であるため、相互相関値メモリに外乱推定値 $w_{2p1}$ とねじり角推定値 $\theta_{kp1}$ との積が格納されるのみである。同様にS24でねじり角推定値 $\theta_{kp1}$ の2乗が演算され、自己相関値メモリの自己相関値 $C(\theta_{kp}, \theta_{kp})$ に加算される。

【0044】S25において整数iが予め定められた整数M以上になったか否かが判定されるが、当初は判定がNOであるため、S26で整数iが1増加させられ、再びS22～S24が実行される。この実行がM回繰り返されたときS25の判定がYESとなり、ばね定数変化取得用の相関演算ルーチンの1回の実行が終了する。

【0045】相関演算部56において以上のようにして相互相関値 $C(w_{2p}, \theta_{kp})$ と自己相関値 $C(\theta_{kp}, \theta_{kp})$ とが求められた後、正規化部58において次の(13)式

で検出（推定）されたタイヤ圧pは図2の平均タイヤ圧演算部4に供給される。左右前輪のタイヤ圧 $p_{n1}$ および $p_{r1}$ は左右前輪用の平均タイヤ圧演算部4に、左右後輪のタイヤ圧 $p_{n2}$ および $p_{r2}$ は左右後輪用の平均タイヤ圧演算部4にそれぞれ供給されるのである。左右前輪用の平均タイヤ圧演算部4においては、左右前輪のタイヤ圧 $p_{n1}$ および $p_{r1}$ の平均値が左右前輪の平均タイヤ圧 $p_n$ として演算され、一方、左右後輪用の平均タイヤ圧演算部4においては、左右後輪のタイヤ圧 $p_{n2}$ および $p_{r2}$ の平均値が左右後輪用の平均タイヤ圧 $p_n$ として演算される。

【0048】演算された左右前輪の平均タイヤ圧 $p_n$ は左右前輪用の平均コーナリングパワー演算部5に、左右後輪の平均タイヤ圧 $p_n$ は左右後輪用の平均コーナリングパワー演算部5にそれぞれ供給される。左右前輪用の平均コーナリングパワー演算部5は、左右前輪の車輪荷重の平均値の標準的な値の下に成立するタイヤ圧pと左右前輪の平均コーナリングパワー $K_n$ との関係（図10参照）に従い、左右前輪の平均タイヤ圧 $p_n$ に応じて左右前輪の平均コーナリングパワー $K_n$ を演算するように設計されている。一方、左右後輪用の平均コーナリングパワー演算部5も同様にして左右後輪の平均コーナリングパワー $K_n$ を演算するように設計されている。

【0049】車両を平面2自由度線形モデル化する場合には、文献『自動車の運動と制御』の「第3章 車両運動の基礎」に記載されているように、操舵応答の伝達関数（以下、ヨーレート伝達関数という）として次式が得られる。



【0050】

$$\frac{\gamma(s)}{\delta(s)} = G(0) \cdot \frac{1}{1 + \frac{2\zeta \cdot s}{\omega_n} + \frac{s^2}{\omega_n^2}} \quad (7)$$

【0051】ただし、

 $\gamma(s)$  : 目標ヨーレート  $\gamma$  のラプラス変換 $\delta(s)$  : 実舵角  $\delta$  のラプラス変換 $s$  : ラプラス演算子 $G(0)$  : ヨーレートゲイン定数

【0052】

【数8】

$$G(0) = \frac{1}{1 + AV^2} \cdot \frac{V}{L}$$

$$\zeta = \frac{m(L_f^2 K_f + L_r^2 K_r) + I(K_f + K_r)}{2L \sqrt{mIK_f K_r (1 + AV^2)}} \quad (8)$$

【0057】 $\omega_n$  : 操舵に対する車両の応答の固有振動数

【0058】

【数11】

$$\omega_n = \frac{2 \sqrt{K_f K_r} L}{mk} \cdot \frac{\sqrt{1 + AV^2}}{V}$$

【0059】 $A$  : スタビリティファクタ

【0060】

【数12】

$$A = - \frac{m}{2L^2} \cdot \frac{L_f K_f - L_r K_r}{K_f K_r}$$

【0061】 $V$  : 車両の走行速度 $\delta$  : 前輪の実舵角 $L$  : 車両のホイールベース $L_f$  : 車両重心点と前輪車軸との距離 $L_r$  : 車両重心点と後輪車軸との距離 $K_f$  : 前輪1個当たりのタイヤコーナリングパワー $K_r$  : 後輪1個当たりのタイヤコーナリングパワー $m$  : 車両の慣性質量 $I$  : 車両のヨーイング慣性モーメント $k$  : 車両のヨー慣性半径

【0062】ヨーレート演算部6には、走行速度検出部1からは走行速度  $V$ 、実舵角検出部2からは実舵角  $\delta$ 、左右前輪用の平均コーナリングパワー演算部5からは左右前輪の平均コーナリングパワー  $K_n$ 、左右後輪用の平均コーナリングパワー演算部5からは左右後輪の平均コーナリングパワー  $K_n$  がそれぞれ逐次入力される。ヨーレート演算部6は、それら入力信号に基づき、上記ヨーレート伝達関数に従い、現時点の目標ヨーレート  $\gamma$  を逐

※【0053】 $T$  : 時定数

【0054】

【数9】

$$T = \frac{mL_f V}{2LK_r}$$

【0055】 $\zeta$  : 操舵に対する車両の応答の減衰比

【0056】

【数10】

次演算して出力する。

【0063】したがって、本実施例においては、タイヤ圧に応じてタイヤのコーナリングパワーが推定され、それと走行速度および舵角とに基づいて目標ヨーレートが演算されるから、タイヤ圧の変動とは無関係にコーナリングパワーを一律に推定する場合に比較して、目標ヨーレートの精度が向上するという効果が得られる。

【0064】さらに、本実施例においては、操舵に対する車両の過渡応答をも考慮して目標ヨーレートが演算されるようになっているため、操舵に対する車両の応答が定常状態にあると過渡状態にあるとを問わず常に正確に目標ヨーレートが演算されるという効果も得られる。ただし、定常円旋回状態でのみ成立する伝達関数を用いて目標ヨーレートが演算される態様で本発明を実施することは可能である。

【0065】以上の説明から明らかなように、本実施例においては、走行速度検出部1によって走行速度検出手段が構成され、実舵角検出手段2によって舵角検出手段が構成され、角速度検出部4、6、外乱オブザーバ5、2、相関演算部5、6、正規化部5、8およびタイヤ圧演算部6、0により構成されたタイヤ圧検出部3によってタイヤ空気圧検出手段が構成され、平均タイヤ圧演算部4、平均コーナリングパワー演算部5およびヨーレート演算部6によってヨーレート検出手段が構成されている。

【0066】なお付言すれば、上記実施例の目標ヨーレート検出装置が車両の実ヨーレートを実際に検出するヨーレートセンサと共に車両に搭載される場合には、この目標ヨーレート検出装置を用いることにより、両検出値相互の関係から前述のようにして車両の実際の旋回特性を判定することができる。

【0067】また、上記実施例は、本発明を2WS車両

の目標ヨーレート検出装置に適用した場合の一例であったが、4WS車用の目標ヨーレート検出装置に適用したり、2WS車用であると4WS車用であることを問わず、実ヨーレート検出装置に適用することもできる。

【0068】そして、本発明を実ヨーレート検出装置に適用する場合には、実ヨーレートを実際に検出するヨーレートセンサなしでも実ヨーレートの検出が可能となり、一方、走行速度検出部1、実舵角検出部2およびタイヤ圧検出のための電磁ピックアップ12等はヨーレートセンサに比べて安価であるため、結局、実ヨーレートの検出を安価に行い得ることとなる。すなわち、ヨーレートセンサなしでも車両の挙動を安価にかつ精度よく把握し得るのである。

【0069】また、本発明が適用された実ヨーレート検出装置をヨーレートセンサと共に車両に搭載する場合には、例えば、この実ヨーレート検出装置を用いてヨーレートセンサの故障診断を行うこともできる。例えば、実ヨーレート検出装置の検出値とヨーレートセンサの検出値とが一定値以上異なる場合に、ヨーレートセンサが故障したと診断することができるのである。

【0070】その他、いちいち例示することはしないが、種々の改良、変形を加えた態様で本発明を実施することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の構成を概念的に示すブロック図である。

【図2】本発明の一実施例である目標ヨーレート検出装置の機能ブロック図である。

【図3】上記目標ヨーレート検出装置の一部であるタイヤ圧検出部の詳細を示す機能ブロック図である。

【図4】上記タイヤ圧検出部の詳細を示す構成ブロック\*

\*図である。

【図5】車輪の一部を示す断面図である。

【図6】上記車輪の力学モデルを示す図である。

【図7】上記タイヤ圧検出部の一部を構成するためにコンピュータに格納されている関連演算ルーチンを示すフローチャートである。

【図8】上記タイヤ圧検出部の一部である外乱オブザーバにおける外乱トルクのダイナミクスの近似を説明するための図である。

10 【図9】上記外乱オブザーバを示すブロック図である。

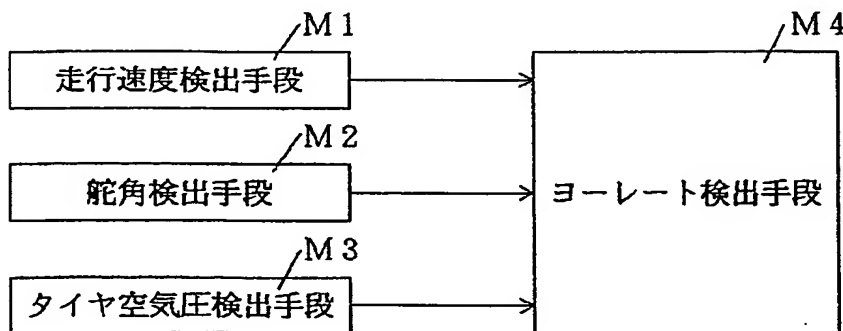
【図10】タイヤ空気圧とコーナリングパワーとの関係の一例を示すグラフである。

【図11】タイヤ空気圧と車輪荷重とコーナリングパワーとの関係の一例を示すグラフである。

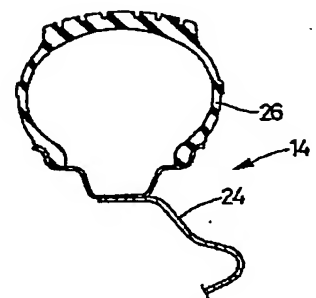
#### 【符号の説明】

- 1 走行速度検出部
- 2 実舵角検出部
- 3 タイヤ圧検出部
- 4 平均タイヤ圧演算部
- 20 平均コーナリングパワー演算部
- 6 ヨーレート演算部
- 10 ロータ
- 12 電磁ピックアップ
- 14 車輪
- 20 コンピュータ
- 24 ホイール
- 26 タイヤ
- 28 リム側部
- 30 ベルト側部
- 32 ねじりばね
- 47 コンピュータ

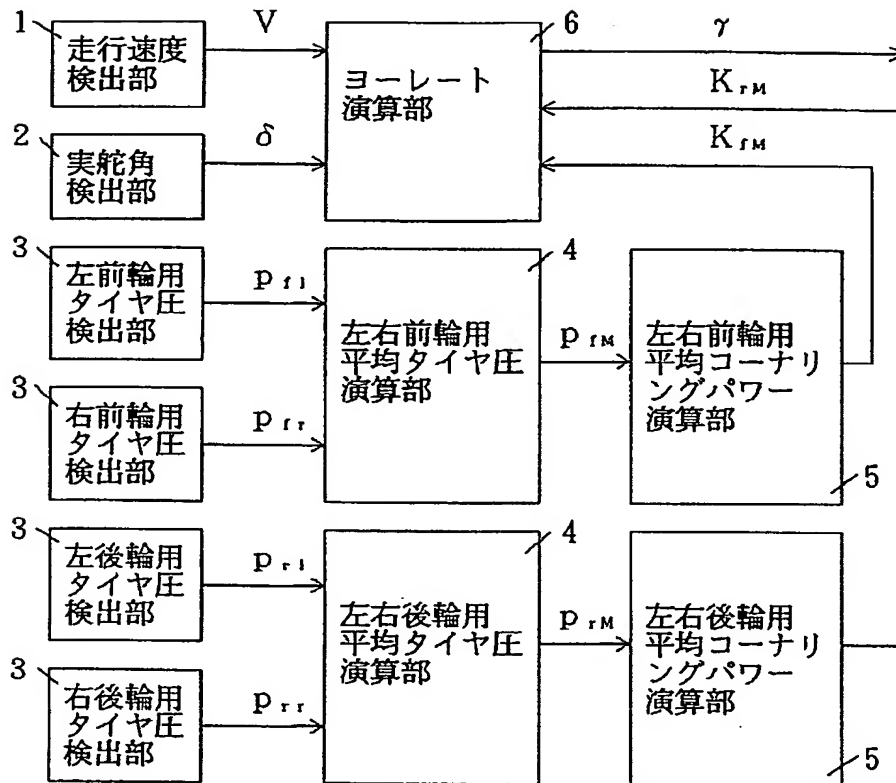
【図1】



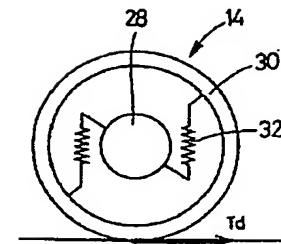
【図5】



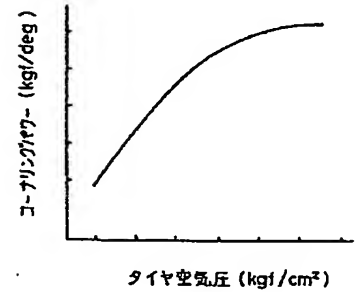
【図2】



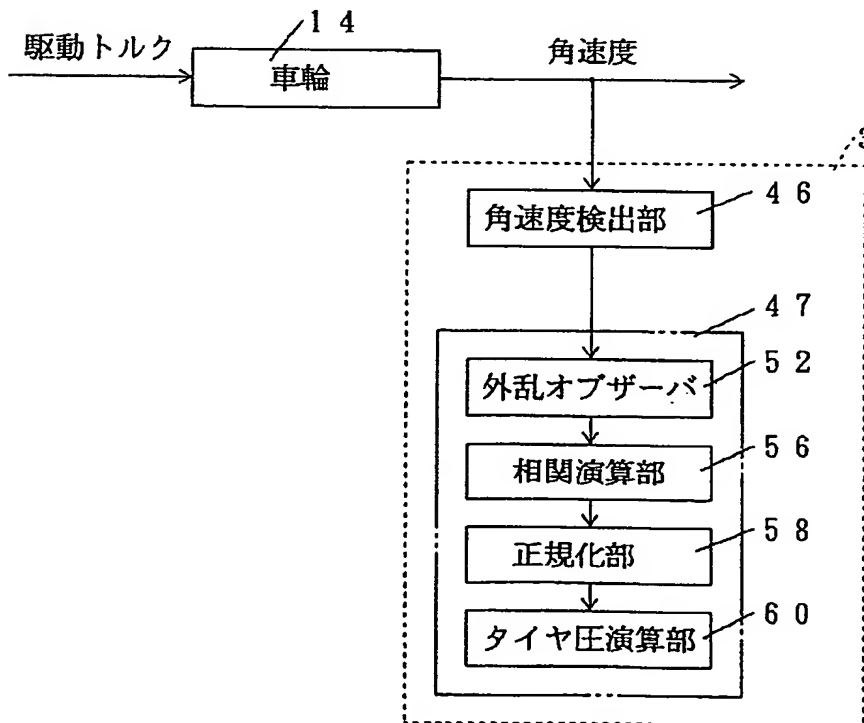
【図6】



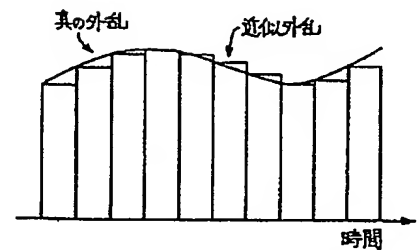
【図10】



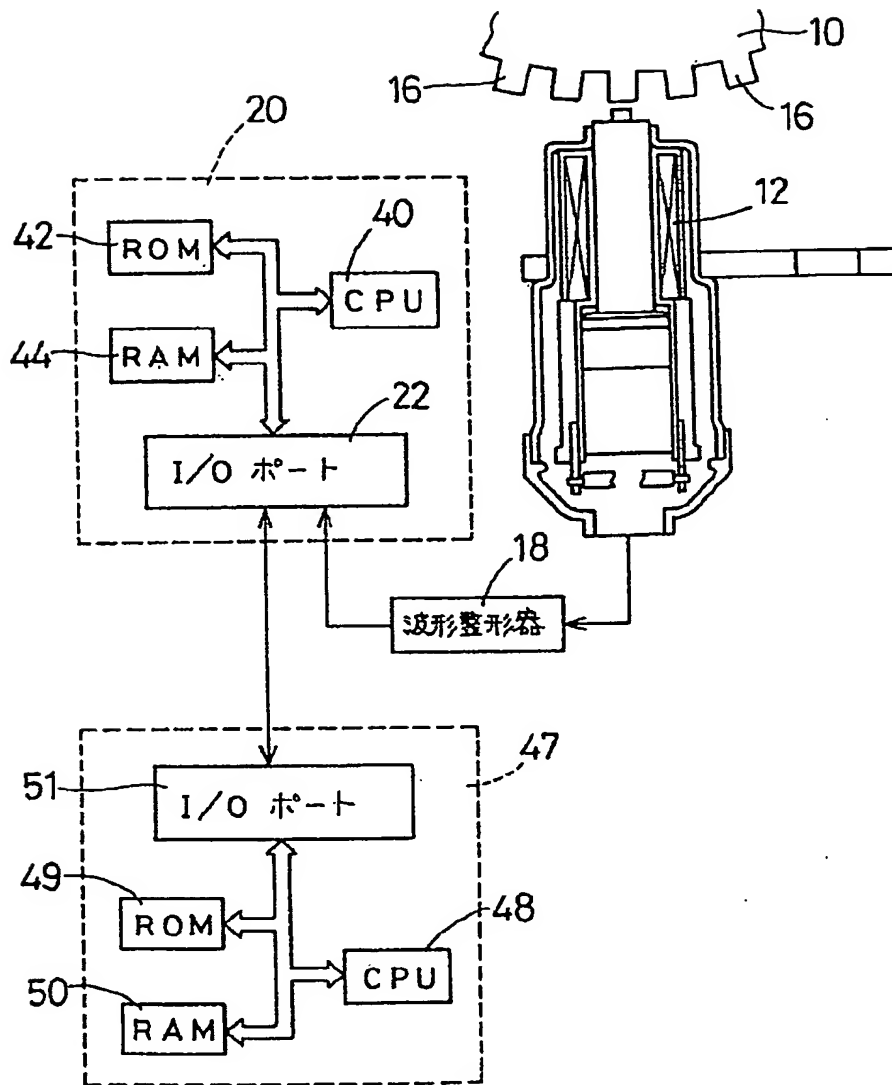
【図3】



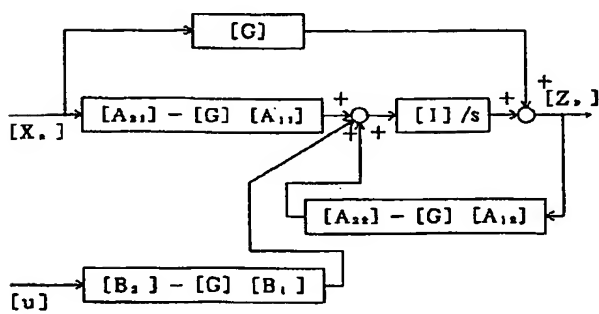
【図8】



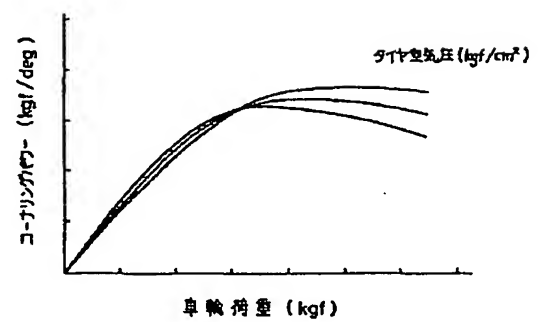
【図4】



【図9】



【図11】



【図7】

